

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013354737 **Image available**

WPI Acc No: 2000-526676/200048

XRAM Acc No: C00-156629

XRPX Acc No: N00-389419

Heater in waste gas sensor of motor vehicle, consists of heat emitting element which is provided between substrate and cover plate

Patent Assignee: DENSO CORP (NPDE); NIPPON JIDOSHA BUHIN SOGO (NIJI);
NIPPONDENSO CO LTD (NPDE)

Inventor: IMAMURA S; SUGIYAMA T; TANAKA A

Number of Countries: 003 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No Kind Date Applicat No Kind Date Week

JP 2000146906 A 20000526 JP 98313385 A 19981104 200048 B

DE 19952595 A1 20001123 DE 1052595 A 19991103 200062

US 6338782 B1 20020115 US 99432766 A 19991103 200208

Priority Applications (No Type Date): JP 98313385 A 19981104

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

JP 2000146906 A 12 G01N-027/416

DE 19952595 A1 G01N-027/407

US 6338782 B1 G01N-027/407

Abstract (Basic): JP 2000146906 A

NOVELTY - The heater (5) consists of a heat emitting element which is provided between the heater substrate (51) and cover plate (52). The terminals for the heating element (50) are provided at the bottom surface of the substrate.

USE - For detecting content of pollutants (e.g. nitrogen oxides) in exhaust gas from internal combustion engine of motor vehicle.

ADVANTAGE - Since the heat emitting element is provided between heater substrate and cover plate, electricity leak is prevented and gas density measurement accuracy is enhanced.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the isometric view of heater of gas sensor.

Heater (5)

Heating element (50)

Heater substrate (51)

Cover plate (52)

pp; 12 DwgNo 2/13

Title Terms: HEATER; WASTE; GAS; SENSE; MOTOR; VEHICLE; CONSIST; HEAT; EMIT
; ELEMENT; SUBSTRATE; COVER; PLATE

Derwent Class: E36; H06; J04; S03

International Patent Class (Main): G01N-027/407; G01N-027/416

International Patent Class (Additional): G01N-027/41; G01N-027/419

File Segment: CPI; EPI

Manual Codes (CPI/A-N): E11-Q03J; E31-H05; H06-C01; J04-C04

Manual Codes (EPI/S-X): S03-E03

Chemical Fragment Codes (M3):

01 C107 C108 C307 C520 C730 C800 C801 C802 C803 C804 C807 M411 M424

M740 M750 M904 M905 M910 N102 N120 R013 R01881-K R01881-A

02 C108 C307 C520 C730 C800 C801 C802 C803 C804 C807 M411 M424 M740

M750 M904 M905 M910 N102 N120 R013 R01902-K R01902-A

10/500661

DT15 Rec'd PCT/PTO 02 JUL 2004

03 C107 C108 C520 C730 C800 C801 C802 C803 C804 C807 M411 M424 M740

M750 M904 M905 N102 N120 R013 R01901-K R01901-A

Derwent Registry Numbers: 1881-U; 1901-U; 1902-U

Specific Compound Numbers: R01881-K; R01881-A; R01902-K; R01902-A; R01901-K
; R01901-A

Key Word Indexing Terms:

01 102146-0-0-0-CL, DET 102109-0-0-0-CL, DET 102084-0-0-0-CL, DET

?



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 199 52 595 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
G 01 N 27/407

②1 Aktenzeichen: 199 52 595.1
②2 Anmeldetag: 3. 11. 1999
④3 Offenlegungstag: 23. 11. 2000

DE 199 52 595 A 1

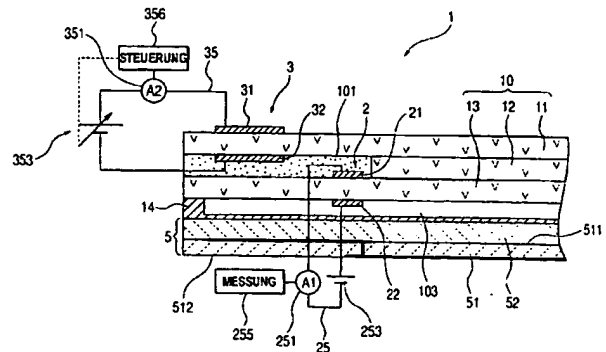
③0 Unionspriorität:
P 10-313385 04. 11. 1998 JP
⑦1 Anmelder:
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP
⑦4 Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑦2 Erfinder:
Imamura, Shinichiro, Kariya, Aichi, JP; Sugiyama,
Tomio, Kariya, Aichi, JP; Tanaka, Akio, Kariya, Aichi,
JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Gasfühler

⑤1 Ein Gasfühler (1) umfaßt einen Körper (10), der eine Meßgaskammer (101) und eine Bezugsgaskammer (103) aufweist. Die Meßgaskammer wird mit einem Meßgas versorgt. Die Bezugsgaskammer wird mit einem Bezugsgas versorgt. Eine in dem Körper bereitgestellte Erfassungszelle (2) umfaßt ein Festelektrolytelement (13), eine auf dem Festelektrolytelement bereitgestellte und der Meßgaskammer zugewandte Meßelektrode (21) und eine auf dem Festelektrolytelement bereitgestellte und der Bezugsgaskammer zugewandte Bezugslektrode (22). Ein Heizabschnitt (5) dient zur Erwärmung der Erfassungszelle (2). Der Heizabschnitt umfaßt ein erstes Substrat (51) ein auf dem ersten Substrat bereitgestelltes Heizelement (50), einen auf dem ersten Substrat bereitgestellten und mit dem Heizelement elektrisch verbundenen hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt (551), einen auf dem ersten Substrat bereitgestellten und mit dem Heizelement elektrisch verbundenen niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt (552) und ein das Heizelement bedeckendes zweites Substrat (52). Das erste Substrat (51) weist eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche auf, die einander gegenüberliegen. Die erste Oberfläche des ersten Substrats ist dem Körper (10) zugewandt. Das Heizelement (50) erstreckt sich auf der ersten Oberfläche des ersten Substrats. Der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt (551) erstreckt sich auf der zweiten Oberfläche des ersten Substrats.



DE 199 52 595 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Gasfühler zur Erfassung einer Konzentration einer bestimmten Komponente eines Meßgases wie beispielsweise einer NO_x-Komponente. Ein Beispiel für das Meßgas ist ein von einem Verbrennungsmotor abgegebenes Abgas.

Im allgemeinen muß bei einem NO_x-Konzentrationsfühler eines Automotors eine Regelung durchgeführt werden, um die NO_x-Abgabe zu senken. Ein NO_x-Konzentrationsfühler, der an einem Punkt in einer Motorabgasleitung stromabwärtig von einem NO_x behandelnden Katalysator gelegen ist, kann bei einem System verwendet werden, mit dem bestimmt wird, ob sich der Katalysator deutlich verschlechtert hat oder nicht.

Ein herkömmlicher NO_x-Konzentrationsfühler weist ein Kennverhalten auf, das dazu neigt, durch eine Temperaturänderung beeinträchtigt zu werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Gasfühler zu schaffen.

Gemäß einer ersten Ausgestaltung dieser Erfindung ist ein Gasfühler bereitgestellt, der einen eine Meßgaskammer und eine Bezugsgaskammer aufweisenden Körper, wobei die Meßgaskammer mit einem Meßgas versorgt wird und die Bezugsgaskammer mit einem Bezugsgas versorgt wird; eine Erfassungszelle, die in dem Körper bereitgestellt ist und (1) ein Festelektrolytelement, (2) eine auf dem Festelektrolytelement bereitgestellte und der Meßgaskammer zugewandte Meßelektrode und (3) einen auf dem Festelektrolytelement bereitgestellte und der Bezugsgaskammer zugewandte Bezugsselektrode aufweist; und einen Heizabschnitt zum Erwärmen der Erfassungszelle umfaßt, wobei der Heizabschnitt (1) ein Substrat, (2) ein auf dem Substrat bereitgestelltes Heizelement und (3) einen auf dem Substrat bereitgestellten und elektrisch mit dem Heizelement verbundenen hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt aufweist; wobei das Substrat eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche aufweist, die einander gegenüber liegen, und die erste Oberfläche des Substrats dem Körper zugewandt ist und wobei sich das Heizelement auf der ersten Oberfläche des Substrats erstreckt und sich der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt auf der zweiten Oberfläche des Substrats erstreckt.

Eine zweite Ausgestaltung dieser Erfindung beruht auf deren ersten Ausgestaltung und sieht einen Gasfühler vor, bei dem der Heizabschnitt außerdem einen auf dem Substrat bereitgestellten und elektrisch mit dem Heizelement verbundenen niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt aufweist, wobei sich der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt auf der ersten Oberfläche des Substrats erstreckt.

Eine dritte Ausgestaltung dieser Erfindung beruht auf deren zweiten Ausgestaltung und sieht einen Gasfühler vor, bei dem der Heizabschnitt außerdem ein Isolierelement aufweist, das auf dem Substrat bereitgestellt ist und in bezug auf das Heizelement und den niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt eine Öffnung mit einem Negativmuster aufweist und bei dem das Heizelement und der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt in die Öffnung in dem Isolierelement passen.

Gemäß einer vierten Ausgestaltung dieser Erfindung ist ein Gasfühler bereitgestellt, der einen eine Meßgaskammer und eine Bezugsgaskammer aufweisenden Körper, wobei die Meßgaskammer mit einem Meßgas versorgt wird und die Bezugsgaskammer mit einem Bezugsgas versorgt wird; eine Erfassungszelle, die in dem Körper bereitgestellt ist und (1) ein Festelektrolytelement, (2) eine auf dem Festelektrolytelement bereitgestellte und der Meßgaskammer zugewandte Meßelektrode und (3) eine auf dem Festelektrolytelement bereitgestellte und der Bezugsgaskammer zugewandte Bezugsselektrode aufweist; und einen Heizabschnitt zum Erwärmen der Erfassungszelle umfaßt, wobei der Heizabschnitt (1) ein Substrat, (2) ein auf dem Substrat bereitgestelltes Heizelement und (3) einen auf dem Substrat bereitgestellten und elektrisch mit dem Heizelement verbundenen hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt aufweist; wobei das Substrat eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche aufweist, die einander gegenüber liegen, und die erste Oberfläche des Substrats dem Körper zugewandt ist und wobei sich das Heizelement auf der ersten Oberfläche des Substrats erstreckt und sich der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt auf der zweiten Oberfläche des Substrats erstreckt.

wandte Bezugsselektrode aufweist; und einen Heizabschnitt zum Erwärmen der Erfassungszelle umfaßt, wobei der Heizabschnitt (1) ein erstes Substrat, (2) ein auf dem ersten Substrat bereitgestelltes Heizelement, (3) einen auf dem ersten Substrat bereitgestellten und elektrisch mit dem Heizelement verbundenen hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt, (4) einen auf dem ersten Substrat bereitgestellten und elektrisch mit dem Heizelement verbundenen niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt und (5) ein das Heizelement bedeckendes zweites Substrat aufweist; wobei das erste Substrat eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche aufweist, die einander gegenüberliegen, und die erste Oberfläche des ersten Substrats dem Körper zugewandt ist und wobei sich das Heizelement auf der ersten Oberfläche des ersten Substrats erstreckt und sich der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt auf der zweiten Oberfläche des ersten Substrats erstreckt.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittansicht eines herkömmlichen NO_x-Konzentrationsfühlers.

Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittansicht eines Gasfühlers gemäß einem ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf den Gasfühler in Fig. 2.

Fig. 4 zeigt eine auseinandergezogene Ansicht des Gasfühlers in Fig. 2.

Fig. 5 zeigt eine auseinandergezogene Ansicht eines Heizabschnitts bei dem Gasfühler gemäß Fig. 2.

Fig. 6 zeigt eine Schnittansicht entlang der Ebene "A" in Fig. 4.

Fig. 7 zeigt eine schematische Schnittansicht eines Vergleichsgasfühlers.

Fig. 8 zeigt eine auseinandergezogene Ansicht eines Heizabschnitts bei dem Vergleichsgasfühler gemäß Fig. 7.

Fig. 9 zeigt eine Darstellung des experimentell erhaltenen Zusammenhangs zwischen einem Fühlerausgangsstrom und einer NO_x-Konzentration in einem Meßgas bezüglich jeweiliger Prüfkörper des Gasfühlers in Fig. 2 und des Vergleichsgasfühlers gemäß Fig. 7.

Fig. 10 zeigt eine Darstellung des experimentell erhaltenen Zusammenhangs zwischen einem Fühlerausgangsstrom und einer Fühlertemperatur bezüglich jeweiliger Prüfkörper des Gasfühlers in Fig. 2 und des Vergleichsgasfühlers gemäß Fig. 7.

Fig. 11 zeigt eine schematische Ansicht eines Heizelements, eines hochspannungsseitigen Leitungsabschnitts und eines niederspannungsseitigen Leitungsabschnitts bei einem Gasfühler gemäß einem zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

Fig. 12 zeigt eine schematische Ansicht eines Heizelements, eines hochspannungsseitigen Leitungsabschnitts und eines niederspannungsseitigen Leitungsabschnitts bei einem Gasfühler gemäß einem dritten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

Fig. 13 zeigt eine schematische Ansicht eines Heizelements, eines hochspannungsseitigen Leitungsabschnitts und eines niederspannungsseitigen Leitungsabschnitts bei einem Gasfühler gemäß einem vierten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

Fig. 14 zeigt eine schematische Ansicht eines Heizelements, eines hochspannungsseitigen Leitungsabschnitts und eines niederspannungsseitigen Leitungsabschnitts bei einem Gasfühler gemäß einem fünften erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

Fig. 15 zeigt eine schematische Ansicht eines Heizelements, eines hochspannungsseitigen Leitungsabschnitts und

eines niederspannungsseitigen Leitungsabschnitts bei einem Gasfühler gemäß einem sechsten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

Fig. 16 zeigt eine schematische Ansicht eines Heizelements, eines hochspannungsseitigen Leitungsabschnitts und eines niederspannungsseitigen Leitungsabschnitts bei einem Gasfühler gemäß einem siebten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

Fig. 17 zeigt eine schematische Ansicht eines Heizelements, eines hochspannungsseitigen Leitungsabschnitts und eines niederspannungsseitigen Leitungsabschnitts bei einem Gasfühler gemäß einem achten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

Fig. 18 zeigt eine schematische Schnittansicht eines Gasfühlers gemäß einem neunten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird anhand von Fig. 1 zunächst ein herkömmlicher NO_x-Konzentrationsfühler erläutert.

In Fig. 1 ist ein herkömmlicher NO_x-Konzentrationsfühler 909 gezeigt, der in der US-A-5 672 811 offenbart ist, die der JP-A-8-271476 entspricht.

Gemäß Fig. 1 weist der herkömmliche Fühler 909 einen ersten Innenraum 966 und einen zweiten Innenraum 967 auf. Über einen ersten Diffusionssteuereingang 968 wird in den ersten Innenraum 966 ein Meßgas eingeleitet. Von dem ersten Innenraum 966 aus wird das Meßgas über einen zweiten Diffusionssteuereingang 969 in den zweiten Innenraum 967 eingeleitet. Außerdem weist der herkömmliche Fühler 909 eine Kammer 963 auf, die mit einem Bezugsgas versorgt wird.

Der herkömmliche Fühler 909 umfaßt eine erste elektrochemische Pumpzelle 903 zur Steuerung der Sauerstoffgaskonzentration in dem Meßgas innerhalb des ersten Innenraums 966. Die erste elektrochemische Pumpzelle 903 setzt sich aus Elektroden 931 und 932 und einer Festelektrolytschicht 911 zusammen, die sich zwischen den Elektroden 931 und 932 erstreckt. Die Elektrode 931 liegt außen von dem Fühler 909 frei, während die Elektrode 932 dem ersten Innenraum 966 zugewandt ist. Zusätzlich umfaßt der herkömmliche Fühler 909 eine elektrochemische Fühlzelle 904 zur Erfassung der Sauerstoffgaskonzentration in dem Meßgas innerhalb des ersten Innenraums 966. Die elektrochemische Fühlzelle 904 setzt sich aus einer Bezugsselektrode 922, einer Meßelektrode 941 und einer Festelektrolytschicht 913 zusammen, auf der die Elektroden 922 und 941 ausgebildet sind. Die Bezugsselektrode 922 ist der Bezugsgaskammer 963 zugewandt, während die Meßelektrode 941 dem ersten Innenraum 966 zugewandt ist. Des weiteren umfaßt der herkömmliche Fühler 909 eine zweite elektrochemische Pumpzelle 902 zur Erfassung der NO_x-Gaskonzentration in dem Meßgas innerhalb des zweiten Innenraums 967. Die zweite elektrochemische Pumpzelle 902 setzt sich aus einer Pumpelektrode 921, der Bezugsselektrode 922 und der Festelektrolytschicht 913 zusammen. Die Pumpelektrode 921 ist auf der Festelektrolytschicht 913 ausgebildet. Die Pumpelektrode 921 ist dem zweiten Innenraum 967 zugewandt.

Zwischen der Pumpelektrode 921 und der Bezugsselektrode 922 sind elektrisch in Serie ein Amperemeter und eine Gleichstromversorgung angeschlossen. Der Strom, der von dem Amperemeter gemessen wird, gibt die NO_x-Gaskonzentration in dem Meßgas an.

Der herkömmliche Fühler 909 schließt eine Aluminiumoxid-Isolierschicht 951 ein, die eine Einheit bildend auf der Seite der Festelektrolytschicht 913 aufgeschichtet ist, die von dem ersten Innenraum 966, dem zweiten Innenraum 967 und der Bezugskammer 963 weiter entfernt liegt. Innerhalb der Aluminiumoxid-Isolierschicht 951 ist ein Heizele-

ment 953 eingebettet. Das Heizelement 953 erstreckt sich direkt unterhalb des zweiten Innenraums 967, so daß der zweite Innenraum 967 auf eine höhere Temperatur erwärmt werden kann als der erste Innenraum 966. Das Heizelement 953 ermöglicht der zweiten elektrochemischen Pumpzelle 902, ihre gewünschte Funktion wirksamer durchzuführen.

Wenn die Temperatur des herkömmlichen Fühlers 909 steigt, zeigt ein Strom zur Ansteuerung des Heizelements 953 die Neigung, stärker in die Festelektrolytschicht 913 zu lecken. Ein solcher Leckstrom verursacht einen Fehler bei dem Meßwert der NO_x-Gaskonzentration, der mittels des Amperemeters erhalten wird. Da die Höhe des Leckstroms von der Temperatur abhängig ist, kann der von dem herkömmlichen Fühler 909 bereitgestellte Meßwert der NO_x-Gaskonzentration leicht durch eine Temperaturänderung nachteilig beeinflusst werden.

Erstes Ausführungsbeispiel

In Fig. 2 ist ein Gasfühler 1 gemäß einem ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel dargestellt. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, weist der Gasfühler 1 eine Kammer 101 auf, in die ein Meßgas eingeleitet wird. Die Meßgaskammer 101 ist mit porösem Material gefüllt. Außerdem weist der Gasfühler 1 eine Kammer 103 auf, in die ein Bezugsgas eingeleitet wird.

Der Gasfühler 1 umfaßt eine Erfassungszelle 2 und eine Pumpzelle 3. Die Erfassungszelle 2 weist eine Meßelektrode 21, eine Bezugsselektrode 22 und eine Festelektrolytschicht 13 auf. Die Meßelektrode 21 und die Bezugsselektrode 22 sind jeweils auf den gegenüberliegenden Oberflächen der Festelektrolytschicht 13 ausgebildet. Die Meßelektrode 21 und die Bezugsselektrode 22 sind parallel und aneinander ausgerichtet. Die Meßelektrode 21 ist der Meßgaskammer 101 zugewandt. Die Bezugsselektrode 22 ist der Bezugsgaskammer 102 zugewandt. Ein unterer Abschnitt des Gasfühlers 1 ist durch einen Heizabschnitt 5 gebildet. Der Heizabschnitt 5 bewirkt eine Erwärmung der Erfassungszelle 2.

Ein Körper 10 des Gasfühlers 1 umfaßt einen Schichtaufbau aus Festelektrolytschichten 11 und 12. Die Festelektrolytschicht 11 erstreckt sich auf der Festelektrolytschicht 12. Der Fühlerkörper 10 umfaßt außerdem die Festelektrolytschicht 13. Die Festelektrolytschicht 12 erstreckt sich auf der Festelektrolytschicht 13. Des weiteren umfaßt der Fühlerkörper 10 einen Isolierträger oder ein Isoliersubstrat 14, auf dem die Festelektrolytschicht 13 ausgebildet ist. Der Isolierträger 14 erstreckt sich auf dem Heizabschnitt 5.

Gemäß Fig. 2 erstrecken sich die Festelektrolytschichten 11 und 13 in horizontaler Richtung weiter als die Festelektrolytschicht 12, so daß zwischen den Festelektrolytschichten 11, 12 und 13 ein Zwischenraum definiert ist. Dieser Zwischenraum ist die Meßgaskammer 101. Die Meßgaskammer 101 ist mit einem porösen Element gefüllt, um dem Meßgas, das darin eingeleitet wird, einen geeigneten Diffusionswiderstand entgegenzustellen.

Die Pumpzelle 3 weist die Elektrolytschicht 11 und ein Paar Pumpelektroden 31 und 32 auf, die jeweils auf den gegenüberliegenden Seiten der Festelektrolytschicht 11 ausgebildet sind. Die Pumpelektroden 31 und 32 sind parallel und aneinander ausgerichtet. Die Pumpelektrode 31 liegt außen von dem Gasfühler 1 frei. Die Pumpelektrode 32 ist der Meßgaskammer 101 zugewandt. Die Lage der Pumpzelle 3 ist in bezug auf einen Einlaß der Meßgaskammer 101 weniger tief als die der Erfassungszelle 2. Mit anderen Worten befindet sich die Pumpzelle 3 in der Meßgaskammer 101 in bezug auf den Meßgasstrom stromaufwärts von der Erfassungszelle 2.

Gemäß Fig. 2 weist eine obere Fläche des Isolierträgers 14 eine Vertiefung oder einen Rücksprung auf, der die Bezugsgaskammer 103 bildet. Die Bezugsgaskammer 103 ist zwischen der Festelektrolytschicht 13 und dem Isolierträger 14 definiert.

Die Meßelektrode 21 der Erfassungszelle 2 besteht aus Platin (Pt) oder einer Edelmetalllegierung, die eine hohe katalytische Aktivität aufweist. Demgemäß wirkt die Meßelektrode 21 auf das umgebende Meßgas in der Meßgaskammer 101. Im einzelnen hat die Meßelektrode 21 die Funktion NOx in dem umgebenden Meßgas durch die Reaktion $\text{NO}_x \rightarrow (1/2)\text{N}_2 + (x/2)\text{O}_2$ in Stickstoff und Sauerstoff aufzuspalten. Die Erfassungszelle 2 pumpt Sauerstoff (O_2) von der Meßgaskammer 101 zu der Bezugsgaskammer 103, wenn ihr elektrische Energie zugeführt wird. Die Bezugselektrode 22 der Erfassungszelle 2 besteht ebenfalls aus Platin (Pt). Alternativ kann die Bezugselektrode 22 aus einer Gold-Platin-Legierung (Au-Pt) bestehen.

Die Elektrode 31 der Pumpzelle 3 besteht aus Platin (Pt). Die Elektrode 32 der Pumpzelle 3 besteht aus einer Gold-Platin-Legierung (Au-Pt), die gegenüber NOx inaktiv ist, d. h. die NOx nicht aufspaltet. Wenn der Pumpzelle 3 elektrische Energie zugeführt wird, transportiert sie Sauerstoff (O_2) von der Meßgaskammer 101 in den Außenraum um den Gasfühler 1 oder von dem Außenraum in die Meßgaskammer 101.

Wie in Fig. 3 und Fig. 4 gezeigt ist, erstreckt sich ein Leitungsabschnitt 311 zwischen einem Anschluß 312 und der Elektrode 31 der Pumpzelle 3. Der Leitungsabschnitt 311 verbindet den Anschluß 312 und die Pumpelektrode 31 elektrisch. Wie in Fig. 4 gezeigt ist, erstreckt sich zwischen einem Anschluß 322 und der Elektrode 32 der Pumpzelle 3 ein Leitungsabschnitt 321. Der Leitungsabschnitt 321 verbindet den Anschluß 322 und die Pumpelektrode 32 elektrisch. Der Anschluß 322 ist über ein Durchgangsloch 110 in der Festelektrolytschicht 11 elektrisch mit einem Anschluß 323 verbunden.

Wie in Fig. 4 gezeigt ist, erstreckt sich zwischen einem Anschluß 212 und der Meßelektrode 21 der Erfassungszelle 2 ein Leitungsabschnitt 211. Der Leitungsabschnitt 211 verbindet den Anschluß 212 und die Meßelektrode 21 elektrisch. Der Anschluß 212 ist über ein Durchgangsloch 120 in der Festelektrolytschicht 12 und ein Durchgangsloch 110 in der Festelektrolytschicht 11 elektrisch mit dem Anschluß 323 verbunden. Zwischen einem Anschluß 222 und der Bezugselektrode 22 der Erfassungszelle 2 erstreckt sich ein Leitungsabschnitt 221. Der Leitungsabschnitt 221 verbindet den Anschluß 222 und die Bezugselektrode 22 elektrisch. Der Anschluß 222 ist über ein Durchgangsloch 130 in der Festelektrolytschicht 113 elektrisch mit einem Anschluß 223 verbunden. Der Anschluß 223 ist über ein Durchgangsloch 120 in der Festelektrolytschicht 12 und ein Durchgangsloch 110 in der Festelektrolytschicht 11 elektrisch mit einem Anschluß 224 verbunden. Demnach ist der Anschluß 222 elektrisch mit dem Anschluß 224 verbunden.

Der Heizabschnitt 5, der Isolierträger 14 und die Festelektrolytschicht 13 sind in dieser Reihenfolge in einem Schichtaufbau angeordnet. Wie vorstehend erwähnt, weist die obere Fläche des Isolierträgers 14 die Vertiefung auf, die die Bezugsgaskammer 103 bildet. Die Bezugsgaskammer 103 ist zwischen der Festelektrolytschicht 13 und dem Isolierträger 14 definiert.

Wie in Fig. 5 gezeigt ist, umfaßt der Heizabschnitt 5 ein Heizelement 50, ein Heizsubstrat 51 und ein Decks substrat 52. Das Heizsubstrat 51 besteht aus isolierendem Material. Das Decks substrat 52 besteht ebenfalls aus isolierendem Material. Das Heizelement 50 enthält Platin (Pt). Das Heizelement 50 ist auf der oberen Fläche 511 des Heizsubstrats 51

bereitgestellt, die sich näher an dem Fühlerkörper 10 befindet. Auf der unteren Fläche 512 des Heizsubstrats 51, die weiter von dem Fühlerkörper 10 entfernt liegt, ist ein hochspannungsseitiger Leitungsabschnitt 551 bereitgestellt. Ein Ende des hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551 ist über Durchgangslöcher 510 in dem Heizsubstrat 51 elektrisch mit dem Heizelement 50 verbunden. Von dem Heizelement 50 aus erstreckt sich ein niederspannungsseitiger Leitungsabschnitt 552. Der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt 552 bildet eine Einheit mit dem Heizelement 50. Der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt 552 ist auf der oberen Fläche 511 des Heizsubstrats 51 bereitgestellt. Ein Ende des niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552 ist über Durchgangslöcher 520 in dem Heizsubstrat 51 elektrisch mit einem Anschluß 553 verbunden. Der Anschluß 553 ist auf der unteren Fläche 512 des Heizsubstrats 51 bereitgestellt. Auf der oberen Fläche 511 des Heizsubstrats 51 ist ein Aluminiumoxidfilm 59 bereitgestellt, der in bezug auf das Heizelement 50 ein Negativmuster aufweist. Demnach passen das Heizelement 50 und der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt 552 in eine durch den Aluminiumoxidfilm 59 hindurchgehende Öffnung. Das Decks substrat 52 ist auf das Heizelement 50, den niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552 und den Aluminiumoxidfilm 59 gelegt, um sie zu bedecken. Es ist zu beachten, daß der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt 551 mit einem Decks substrat oder einer Isolierschicht beschichtet sein kann.

Der Anschluß 553 ist über einen (nicht gezeigten) Leiterdraht elektrisch mit dem Masseanschluß oder dem Minusanschluß einer (nicht gezeigten) Heizstromversorgung verbunden. Der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt 551 ist über einen (nicht gezeigten) Leiterdraht elektrisch mit dem Plusanschluß der Heizstromversorgung verbunden. Dem entsprechend fließt ein von der Heizstromversorgung erzeugter Ansteuerungsstrom nacheinander durch den hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551, die Durchgangslöcher 510, das Heizelement 50, den niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552, die Durchgangslöcher 520 und den Anschluß 553.

Wie in Fig. 5 gezeigt ist, weist das Heizelement 50 zueinander parallele Abschnitte "a", "b", "c" und "d" auf. Die Abschnitte "b" und "c" sind miteinander benachbart und bilden jeweils Innenabschnitte. Der Abschnitt "a" erstreckt sich von dem Abschnitt "b" aus nach außen und bildet einen Außenabschnitt. Der Abschnitt "d" erstreckt sich von dem Abschnitt "c" aus nach außen und bildet einen Außenabschnitt. Bezüglich eines Strompfads sind die Abschnitte "b" und "c" näher an dem hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551 als die Abschnitte "a" und "d". Demnach sind die Potentiale (Spannungen) an den Abschnitten "b" und "c" höher als an den Abschnitten "a" und "d". Wie am besten aus Fig. 6 hervorgeht, ist das Heizelement 50 in bezug auf die Erfassungszelle 2 derart angeordnet, daß die Abstände zwischen der Meßelektrode 21 der Erfassungszelle 2 und den Abschnitten "b" und "c" des Heizelements 50 kürzer als die Abstände zwischen der Meßelektrode 21 und den Abschnitten "a" und "d" des Heizelements 50 sind. Die Abschnitte "b" und "c" des Heizelements 50 befinden sich an Stellen direkt unterhalb der Meßelektrode 21.

Wie wieder in Fig. 2 zu erkennen ist, ist an die Erfassungszelle 2 eine elektrische Schaltung 25 angeschlossen. Die elektrische Schaltung 25 umfaßt einen Strommesser 251, eine Gleichspannungsversorgung 253 und eine Meßvorrichtung 255. Der Plusanschluß der Spannungsversorgung 253 ist elektrisch mit der Bezugselektrode 22 der Erfassungszelle 2 verbunden. Der Minusanschluß der Spannungsversorgung 253 ist über den Strommesser 251 elek-

trisch mit der Meßelektrode 21 der Erfassungszelle 2 verbunden. Die Meßvorrichtung 255 ist an dem Strommesser 251 angeschlossen. Die Meßvorrichtung 255 berechnet anhand des erfaßten Stromwerts, der von dem Strommesser 251 bereitgestellt wird, eine NO_x-Gaskonzentration.

An die Pumpzelle 3 ist eine elektrische Schaltung 35 angeschlossen. Die elektrische Schaltung 35 umfaßt einen Strommesser 351, eine Spannungsversorgung 353 mit veränderbarer Spannung und eine Steuerung 356. Der Plusanschluß der Spannungsversorgung 353 ist über den Strommesser 351 elektrisch mit der Elektrode 31 der Pumpzelle 3 verbunden. Der Minusanschluß der Spannungsversorgung 353 ist elektrisch mit der Elektrode 32 der Pumpzelle 3 verbunden. Die Steuerung 356 ist zwischen dem Strommesser 351 und der Spannungsversorgung 353 angeschlossen. Die Steuerung 356 stellt die Ausgangsspannung der Spannungsversorgung 353 in Ansprechen auf den von dem Strommesser 351 bereitgestellten Stromwert ein.

Ein Beispiel für den Betrieb des Gasfühlers 1 in Fig. 2 ist wie folgt. Der Gasfühler 1 ist an eine Motorabgasleitung angeschlossen, so daß seine Oberseite, seine Unterseite und seine linke Seite einem Abgas ausgesetzt sind, das von den Verbrennungskammern eines Verbrennungsmotors abgegeben wird. In diesem Fall ist das Abgas ein Meßgas. Als Bezugsgas wird von außen in die Bezugsgaskammer 103 Luft eingelassen.

Gemäß Fig. 2 tritt das Abgas in die Meßgaskammer 101 über ihr linkes Ende ein. Im allgemeinen enthält das Abgas Gaskomponenten wie etwa Sauerstoff (O₂), Stickoxide (NO_x), Kohlendioxid (CO₂) und Wasser (H₂O). Das Abgas strömt in der Meßgaskammer 101 nach rechts. An die Pumpzelle 3 ist die von der Spannungsversorgung 353 erzeugte Spannung angelegt. Die Spannungsanlegung aktiviert die Pumpzelle 3. Eine spezifische Komponente des Abgases wird durch die Spannungsanlegung an die Pumpzelle 3 herausgepumpt.

Wie vorstehend erwähnt ist, ist die der Meßgaskammer 101 zugewandte Elektrode 32 der Pumpzelle 3 gegenüber NO_x inaktiv. Daher wird lediglich Sauerstoff (O₂) von dem Abgas in der Meßgaskammer 101 abgepumpt. Der Sauerstoff (O₂) wird von der Meßgaskammer 101 aus in die Pumpzelle 3 abgezogen, wobei er durch die Pumpzelle 3 hindurch transportiert wird, bevor er über die Pumpelektrode 31 in das Abgas in den Außenraum abgegeben wird, d. h. in das Abgas, das den Hauptkörper des Gasfühlers 1 umgibt.

Die Pumpzelle 3 trennt lediglich einen Teil der Sauerstoffkomponente (O₂) von dem Abgas in der Meßgaskammer 101. Daher strömt das einen Restteil der Sauerstoffkomponente (O₂) enthaltende Abgas in der Meßgaskammer 101 von dem Bereich nahe der Pumpzelle 3 zu einem Bereich nahe der Erfassungszelle 2. Die Meßelektrode 21 der Erfassungszelle 2 spaltet innerhalb der Meßgaskammer 101 durch eine Reaktion $\text{NO}_x \rightarrow (1/2)\text{N}_2 + (x/2)\text{O}_2$ in dem umgebenden Abgas NO_x auf. Demgemäß erzeugt die Aufspaltung von NO_x neuen Sauerstoff (O₂). Der verbliebene Sauerstoff (O₂) und der neue Sauerstoff (O₂) werden von der Meßgaskammer 101 aus in die Erfassungszelle 2 abgezogen, wobei sie durch die Erfassungszelle 2 hindurch transportiert werden, bevor sie über die Bezugselektrode 22 in die Luft in der Bezugsgaskammer 103 abgegeben werden. Zu diesem Zeitpunkt wird durch den Strommesser 251 als Angabe einer NO_x-Gaskonzentration in dem Abgas eine elektrischer Strom erfaßt, der durch die Erfassungszelle 2 hindurch fließt. Der verbliebene Sauerstoff (O₂) erzeugt einen Aufspaltungsstrom, der einen Verschiebungsstrom darstellt, der dem die NO_x-Konzentration anzeigenden elektrischen Strom überlagert ist, der durch die Erfassungszelle 2

hindurch fließt. Der Strommesser 251 teilt der Meßvorrichtung 255 den erfaßten Stromwert mit. Die Meßvorrichtung 255 berechnet anhand des erfaßten Stromwerts die NO_x-Gaskonzentration in dem Abgas.

Nachstehend wird nun ein Verfahren zur Fertigung des Gasfühlers 1 erläutert. Es wurden wie folgt Zirkoniumoxid-Grünlagen für die Festelektrolytschichten 11, 12, 13 hergestellt. Es wurde ein auf Keramik basierendes Gemisch vorbereitet. Das auf Keramik basierende Gemisch bestand aus 100 Teilen mit Yttriumoxid teilstabilisiertem Zirkoniumoxid, 1 Teil α -Aluminiumoxid, 5 Teilen PVB (Polyvinylbutyral), 10 Teilen DBP (Dibutylphthalat), 10 Teilen Ethanol und 10 Teilen Toluol. Dabei bedeuten "Teil" und "Teile" "Gewichtsteil" bzw. "Gewichtsteile". Das mit Yttriumoxid teilstabilisierte Zirkoniumoxid enthielt 6 Mol-% Yttriumoxid und 95 Mol-% Zirkoniumoxid und wies einen mittleren Korndurchmesser von 0,5 μm auf.

Die Komponenten des auf Keramik basierenden Gemischs wurden in einer Kugelmühle verschnitten, so daß das auf Keramik basierende Gemisch zu einer Schlämme wurde. Die Schlämme wurde in einem Streichmesserverfahren getrocknet und zu auf Keramik basierenden Lagen mit einer Dicke von 0,3 mm geformt. Es wurden drei auf Keramik basierende Lagen hergestellt, die den vorstehend genannten auf Keramik basierenden Lagen entsprachen.

Eine erste der auf Keramik basierenden Lagen wurde in eine rechteckige Lage mit einer Größe von 5 mm zu 70 mm geschnitten. Es wurde eine um Au ergänzte Pt-Paste vorbereitet. Die um Au ergänzte Pt-Paste enthielt 1 Gew.-% bis 10 Gew.-% Gold. Durch einen Druckvorgang wurde für die Elektrode 32 der Pumpzelle 3 auf der rechteckigen Lage eine Schicht aus der um Au ergänzten Pt-Paste ausgebildet. Es wurde eine Pt-Paste vorbereitet. Durch einen Siebdruckvorgang wurden auf der rechteckigen Lage für die Elektrode 31 der Pumpzelle 3, die Leitungsabschnitte 311 und 321 und die Anschlüsse 224, 312, 322 und 323 Schichten und Linien aus der Pt-Paste ausgebildet. Die sich ergebende rechteckige Lager stellte eine Grünlage für die Festelektrolytschicht 11 dar.

Eine zweite der auf Keramik basierenden Lagen wurde in eine rechteckige Lage mit einer Größe von 5 mm zu 70 mm geschnitten. Ein Ende der rechteckigen Lage wurde in eine U-Form mit einer rechteckigen Öffnung für die Meßgaskammer 101 gebracht. Die Öffnung wies eine Größe von 2 mm zu 15 mm auf. Die sich ergebende rechteckige Lage stellte eine Grünlage für die Festelektrolytschicht 12 dar.

Eine dritte der auf Keramik basierenden Lagen wurde in eine rechteckige Lage mit einer Größe von 5 mm zu 70 mm geschnitten. Es wurde eine um Pd ergänzte Pt-Paste vorbereitet. Die um Pd ergänzte Pt-Paste enthielt 0 Gew.-% bis 10 Gew.-% Palladium. Durch einen Druckvorgang wurde auf der rechteckigen Lage für die Meßelektrode 21 der Erfassungszelle 2 eine Schicht aus der um Pd ergänzten Pt-Paste ausgebildet. Es wurde eine Pt-Paste vorbereitet. Durch einen Siebdruckvorgang wurde für die Bezugselektrode 22 der Erfassungszelle 2, die Leitungsabschnitte 211 und 221 und die Anschlüsse 212, 222 und 223 Schichten und Linien aus der Pt-Paste ausgebildet. Die sich ergebende rechteckige Lage stellte eine Grünlage für die Festelektrolytschicht 13 dar.

Aluminiumoxid-Grünlagen für den Isolierträger 14, das Heizsubstrat 51 und das Deckssubstrat 52 wurden wie folgt hergestellt. Es wurde ein auf Keramik basierendes Gemisch vorbereitet. Das auf Keramik basierende Gemisch bestand aus 98 Teilen α -Aluminiumoxid, 3 Teilen mit Yttriumoxid teilstabilisiertem Zirkoniumoxid, 10 Teilen PVB (Polyvinylbutyral), 10 Teilen DBP (Dibutylphthalat), 30 Teilen Ethanol und 30 Teilen Toluol. Dabei bedeuten "Teile" "Ge-

wichtsteile". Das α -Aluminiumoxid wies einen mittleren Korndurchmesser von 0,3 μm auf. Das mit Yttriumoxid teilstabilisierte Zirkoniumoxid enthielt 6 Mol-% Yttriumoxid und 94 Mol-% Zirkoniumoxid.

Die Komponenten des auf Keramik basierenden Gemischs wurden in einer Kugelmühle verschnitten, so daß das auf Keramik basierende Gemisch zu einer Schlämme wurde. Die Schlämme wurde in einem Streichmesserverfahren getrocknet und zu einer auf Keramik basierenden Lage mit einer Dicke von 0,3 mm geformt. Es wurden drei auf Keramik basierende Lagen hergestellt, die gleich der vorstehend genannten auf Keramik basierenden Lage waren.

Eine erste der auf Keramik basierenden Lagen wurde in eine rechteckige Lage mit einer Größe von 5 mm zu 70 mm geschnitten. Auf einer der Hauptflächen der rechteckigen Lage wurde eine Vertiefung für die Bezugsgaskammer 103 ausgebildet. Die Vertiefung wies eine zweidimensionale Größe von 2 mm zu 65 mm auf. Die Vertiefung erstreckte sich von einer Endfläche der rechteckigen Lage zu einer Position nahe ihrer anderen Endfläche. Die sich ergebende rechteckige Lage stellte eine Grünlage für den Isolierträger 14 dar.

Eine zweite der auf Keramik basierenden Lagen wurde in eine rechteckige Lage mit einer Größe von 5 mm zu 70 mm geschnitten. Es wurde eine um Aluminiumoxid ergänzte Pt-Paste vorbereitet. Die um Aluminiumoxid ergänzte Pt-Paste enthielt 90 Gew.-% Platin und 10 Gew.-% Aluminiumoxid. Durch einen Siebdruckvorgang wurden auf der rechteckigen Lage für das Heizelement 50 die Leitungsabschnitte 551 und 552 und den Anschluß 553 Schichten aus der um Aluminiumoxid ergänzten Pt-Paste ausgebildet. Die sich ergebende rechteckige Lage stellte eine Grünlage für das Heizsubstrat 51 dar.

Eine dritte der auf Keramik beruhenden Lagen wurde in eine rechteckige Lage mit einer Größe von 5 mm zu 70 mm geschnitten. Die sich ergebende rechteckige Lage stellte eine Grünlage für das Decks substrat 52 dar.

Eine Grünlage für den Aluminiumoxidfilm 59 wurde wie folgt hergestellt. Es wurde das gleiche Aluminiumoxid verwendet, wie für den Isolierträger 14, das Heizsubstrat 51 und das Decks substrat 52 verwendet wurde. Dann wurden 100 Teile Aluminiumoxidpulver, 10 Teile PVB (Polyvinylbutyral), 5 Teile DBP (Dibutylphthalat), 1 Teil "Span" und 50 Teile Terpeneol zu einem Gemisch kombiniert. Dabei bedeuten "Teil" und "Teile" "Gewichtsteil" bzw. "Gewichtsteile". Das PVB wurde als Bindemittel verwendet. Das DBP wurde als Weichmacher verwendet. Das "Span" wurde als Antischaummittel verwendet. Das Terpeneol wurde als Lösungsmittel verwendet. Das Gemisch wurde 20mal wiederholt durch eine dreiteilige Walze hindurchgeschickt, wobei es zu einer Aluminiumoxidpaste wurde. In einem Siebdruckverfahren wurde aus der Aluminiumpaste eine Schicht hergestellt, die ein Negativmuster aufwies. Die Schicht wurde getrocknet, so daß sich eine Grünlage für den Aluminiumoxidfilm 59 ergab.

Ein Material für das die Meßgaskammer 101 ausfüllende poröse Element wurde wie folgt hergestellt. Zunächst wurden 100 Teile Aluminiumoxidpulver, 10 Teile PVB (Polyvinylbutyral), 5 Teile DBP (Dibutylphthalat), 1 Teil "Span" und 50 Teile Terpeneol zu einem Gemisch kombiniert. Dabei bedeuten "Teil" und "Teile" "Gewichtsteil" bzw. "Gewichtsteile". Das PVB wurde als Bindemittel verwendet. Das DBP wurde als Weichmacher verwendet. Das "Span" wurde als Antischaummittel verwendet. Das Terpeneol wurde als Lösungsmittel verwendet. Das Gemisch wurde 20mal wiederholt durch eine dreiteilige Walze hindurchgeschickt, wobei es zu einer Aluminiumoxidpaste wurde. Die Aluminiumoxidpaste stellte das Material für das poröse Element dar.

Die vorstehend genannten Grünlagen wurden wie folgt zu einem Schichtaufbau kombiniert. Die Grünlage für die Festelektrolytschicht 12 und die Grünlage für die Festelektrolytschicht 13 wurden verbunden und durch einen Wärmekompressions-Verbindungsvorgang bei einer Temperatur von 80°C aufgeschichtet. Anschließend wurde die Öffnung in der Grünlage für die Festelektrolytschicht 12 mit der Aluminiumoxidpaste für das poröse Element gefüllt. Danach wurden die anderen Grünlagen aufeinanderfolgend verbunden und durch Wärmekompressions-Verbindungsvorgänge aufeinander geschichtet, um einen Schichtaufbau zu vervollständigen. Der Schichtaufbau wurde für eine Stunde bei einer Temperatur von 1500°C in Luft gebrannt. Als Ergebnis ergab sich aus dem Schichtaufbau der Gasfühler 1.

Es wurde ein Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 gefertigt. Außerdem wurde ein Prüfkörper "C1" eines Vergleichsgasfühlers 89 gefertigt. Das Leistungsvermögen der Prüfkörper "1" und "C1" wurde gemessen und miteinander verglichen.

Fig. 7 und Fig. 8 zeigen den Vergleichsgasfühler 89. Die Elektroden 21, 22, 31 und 32 bei dem Vergleichsgasfühler 89 sind die gleichen wie die bei dem Gasfühler 1. Die Meßgaskammer 101 und die Bezugsgaskammer 103 bei dem Vergleichsgasfühler 89 sind die gleichen wie bei dem Gasfühler 1. Der Vergleichsgasfühler 89 ist mit Ausnahme der nachstehend angegebenen Gestaltungsunterschiede mit dem Gasfühler 1 grundsätzlich gleich.

Wie in Fig. 7 gezeigt ist, umfaßt der Vergleichsgasfühler 89 anstelle des Heizabschnitts 5 (siehe Fig. 2) einen Heizabschnitt 8. Wie in Fig. 7 und Fig. 8 gezeigt ist, umfaßt der Heizabschnitt ein Heizelement 80, ein unteres Substrat 81, ein oberes Substrat 85, einen hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 801 und einen niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 802. Der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt 801 und der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt 802 erstrecken sich von dem Heizelement 80 aus. Das Heizelement 80, der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt 801 und der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt 802 befinden sich zwischen dem unteren Substrat 81 und dem oberen Substrat 85.

Das untere Substrat 81 besteht aus Festelektrolyt. Auf dem unteren Substrat 81 liegt ein Isoliersubstrat 82. Das Heizelement 80, der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt 801 und der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt 802 sind auf der oberen Fläche 821 des Isoliersubstrats 82 bereitgestellt. Der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt 801 und der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt 802 bilden mit dem Heizelement 80 eine Einheit.

Auf der unteren Fläche des unteren Substrats 81 sind zur elektrischen Verbindung mit einer (nicht gezeigten) Heizstromversorgung Anschlüsse 803 und 804 bereitgestellt. Die Anschlüsse 803 und 804 sind über Durchgangslöcher 810 in dem unteren Substrat 81 und Durchgangslöcher 820 in dem Isoliersubstrat 82 elektrisch mit dem hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 801 bzw. dem niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 802 verbunden.

Auf der oberen Fläche 821 des Isoliersubstrats 82 ist ein Aluminiumoxidfilm 83 bereitgestellt, der in bezug auf das Heizelement 80, den hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 801 und den niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 802 ein Negativmuster aufweist. Demgemäß passen das Heizelement 80, der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt 801 und der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt 802 in eine durch den Aluminiumoxidfilm 83 hindurchgehende Öffnung. Auf dem Heizelement 80, dem hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 801, dem niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 802 und dem Aluminiumoxidfilm 83 ist ein Isoliersubstrat 84 gelegt, um sie zu bedecken. Das obere Substrat 85 ist auf das Isoliersubstrat 84

gelegt. Das obere Substrat 85 besteht aus Festelektrolyt.

Der Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 und der Prüfkörper "C1" des Vergleichsgasfühlers 89 wurden hinsichtlich der NOx betreffenden Kennwerte und der aus den Heizabschnitten leckenden Ströme beurteilt. Der Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 und der Prüfkörper "C1" des Vergleichsgasfühlers 89 wurden unter Bedingungen betrieben, wonach die Meßgastemperatur 400°C betrug und die Heizabschnitte aktiviert waren, so daß die Temperaturen der Prüfkörper bei etwa 750°C gehalten wurden. Die Zusammensetzung des Meßgases war wie folgt. Das Meßgas bestand aus 0 bis 2000 ppm NO, 5% Sauerstoffgas sowie Stickstoffgas. Die NO-Konzentration in dem Meßgas wurde verändert. Es wurde der durch den Strommesser 251 (siehe Fig. 2) gemessene Stromwert aufgezeichnet. Die Ergebnisse der Messung sind in Fig. 9 gezeigt.

Der Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 und der Prüfkörper "C1" des Vergleichsgasfühlers 89 wurden unter Bedingungen betrieben, wonach die Meßgastemperatur 400°C betrug und die Heizabschnitte aktiviert waren. Die Temperaturen der Prüfkörper wurden zwischen 650°C, 700°C, 750°C und 800°C geändert. Die Zusammensetzung des Meßgases war wie folgt. Das Meßgas bestand aus 1000 ppm NO, 5% Sauerstoffgas sowie Stickstoffgas. Es wurde der von dem Strommesser 251 (siehe Fig. 2) gemessene Stromwert aufgezeichnet. Die Ergebnisse der Messung sind in Fig. 10 gezeigt.

In Fig. 9 ist gezeigt, daß der Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 einen höheren Fühlerausgangssignalpegel aufwies als der Prüfkörper "C1" des Vergleichsgasfühlers 89. Es scheint, daß der Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 weniger als der Prüfkörper "C1" des Vergleichsgasfühlers 89 von einem Leckstrom beeinträchtigt wird.

Wie in Fig. 10 gezeigt ist, wird das Ausgangssignal von dem Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 weniger von einer Temperaturänderung als der Prüfkörper "C1" des Vergleichsgasfühlers 89 beeinträchtigt. Es wird angenommen, daß der Grad der elektrischen Isolierung zwischen dem Heizabschnitt 5 und dem Fühlerkörper 10 bei dem Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 größer als bei dem Prüfkörper "C1" des Vergleichsgasfühlers 89 ist. Demnach ist davon auszugehen, daß ein Strom, der bei dem Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 von dem Heizabschnitt 5 in den Fühlerkörper 10 leckt, kleiner als der bei dem Prüfkörper "C1" des Vergleichsgasfühlers 89 ist. Es wurde festgestellt, daß der Prüfkörper "1" des Gasfühlers 1 die NOx-Gaskonzentration in dem Meßgas genauer als der Prüfkörper "C1" des Vergleichsgasfühlers 89 erfaßt.

Wie in Fig. 4 und in Fig. 5 gezeigt ist, ist der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt 551 auf der unteren Fläche 512 des Heizsubstrats 51 bereitgestellt, die weiter von dem die Erfassungszelle 2 aufweisenden Fühlerkörper 10 entfernt ist (siehe Fig. 2). Diese Anordnung des hochspannungsseitigen Leitungsabschnitts 551 verringert den Leckstrom von dort zu der Erfassungszelle 2. Infolge der Verringerung des Leckstroms ist der Gasfühler 1 von einer Temperaturänderung im wesentlichen unabhängig und vermag die NOx-Gaskonzentration in dem Meßgas genau zu erfassen.

Wie in Fig. 4 und in Fig. 5 gezeigt ist, ist das Heizelement 50 auf der oberen Fläche 511 des Heizsubstrats 51 bereitgestellt, die näher an dem die Erfassungszelle 2 umfassenden Fühlerkörper 10 ist. Dementsprechend kann das Heizelement 50 wirksam die Erfassungszelle 2 erwärmen.

Zweites Ausführungsbeispiel

Das zweite erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel entspricht mit Ausnahme des Heizelements 50 dem ersten Aus-

führungsbeispiel. Fig. 11 zeigt das Heizelement 50 bei diesem erfindungsgemäßen zweiten Ausführungsbeispiel. Das Heizelement 50 gemäß Fig. 5 umfaßt vier zickzackförmige Liniensegmente, die Abschnitte des Strompfads zwischen dem hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551 und dem niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552 bilden.

Drittes Ausführungsbeispiel

Das dritte erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel entspricht mit Ausnahme des Heizelements 50 dem ersten Ausführungsbeispiel. Fig. 12 zeigt das Heizelement 50 bei diesem dritten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel. Das Heizelement 50 gemäß Fig. 12 umfaßt drei zickzackförmige Liniensegmente, die Abschnitte des Strompfads zwischen dem hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551 und dem niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552 bilden.

Viertes Ausführungsbeispiel

Das vierte erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel entspricht mit Ausnahme des Heizelements 50 dem ersten Ausführungsbeispiel. Fig. 13 zeigt das Heizelement 50 bei diesem vierten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel. Das Heizelement gemäß Fig. 13 umfaßt zwei zickzackförmige Liniensegmente und zwei gerade Liniensegmente, die Abschnitte des Strompfads zwischen den hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551 und dem niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552 bilden.

Fünftes Ausführungsbeispiel

Das fünfte erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel entspricht mit Ausnahme des Heizelements 50 dem ersten Ausführungsbeispiel. Fig. 14 zeigt das Heizelement 50 bei diesem fünften erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel. Das Heizelement 50 gemäß Fig. 14 umfaßt zwei zickzackförmige Liniensegmente und ein gerades Liniensegment, die Abschnitte des Strompfads zwischen dem hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551 und dem niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552 bilden.

Sechstes Ausführungsbeispiel

Das sechste erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel entspricht mit Ausnahme des Heizelements 50 dem ersten Ausführungsbeispiel. Fig. 15 zeigt das Heizelement 50 bei diesem sechsten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel. Das Heizelement 50 gemäß Fig. 15 umfaßt fünf gerade Liniensegmente, die Abschnitte des Strompfads zwischen dem hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551 und dem niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552 bilden.

Siebtes Ausführungsbeispiel

Das siebte erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel entspricht mit Ausnahme des Heizelements 50 dem ersten Ausführungsbeispiel. Fig. 16 zeigt das Heizelement 50 bei diesem siebten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel. Das Heizelement 50 gemäß Fig. 16 umfaßt drei gerade Liniensegmente, die Abschnitte des Strompfads zwischen dem hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551 und dem niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552 bilden.

Achtes Ausführungsbeispiel

Das achte erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel entspricht mit Ausnahme des Heizelements 50 dem ersten Aus-

führungsbeispiel. Fig. 17 zeigt das Heizelement 50 bei diesem achten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel. Das Heizelement 50 gemäß Fig. 17 umfaßt vier gerade Linien-segmente, die Abschnitte des Strompfads zwischen den hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt 551 und dem niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt 552 bilden.

Neuntes Ausführungsbeispiel

In Fig. 18 ist ein Gasfühler 1A gemäß einem neunten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel gezeigt. Der Gasfühler 1A bei diesem neunten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel entspricht mit Ausnahme der nachstehend angegebenen Gestaltungsänderungen einem der ersten bis achten Ausführungsbeispiele.

Wie in Fig. 18 gezeigt ist, weist der Gasfühler 1A Kammern 106 und 107 auf, in die ein Meßgas eingeleitet wird. Außerdem weist der Gasfühler 1A eine Kammer 103 auf, in die ein Bezugsgas eingeleitet wird.

Der Gasfühler 1A weist einen Körper 10 auf, der einen Schichtaufbau aus Festelektrolytschichten 11, 12 und 13 umfaßt. Der Gasfühler 1A umfaßt einen Heizabschnitt 5, der unterhalb des Fühlerkörpers 10 gelegen ist. Der Heizabschnitt 5 entspricht dem eines der erfindungsgemäßen ersten bis achten Ausführungsbeispiele. Die Festelektrolytschicht 12 weist Öffnungen zur Bildung der ersten Meßgaskammer 106, der zweiten Meßgaskammer 107 und der Bezugsgaskammer 103 auf. Im einzelnen sind die erste und zweite Meßgaskammer 106 und 107 zwischen den Festelektrolytschichten 11, 12 und 13 definiert. Zusätzlich ist zwischen den Festelektrolytschichten 11, 12 und 13 die Bezugsgaskammer 103 definiert. Die Festelektrolytschicht 13 erstreckt sich auf dem Heizabschnitt 5.

Die erste Meßgaskammer 106 steht über einen ersten Diffusionssteuereingang 108 in der Festelektrolytschicht 11 mit einem Außenraum um den Gasfühler 1A herum in Verbindung. Das Meßgas wird von dem Außenraum über den ersten Diffusionssteuereingang 108 in die erste Meßgaskammer 106 eingeleitet. Die erste und zweite Meßgaskammer 106 und 107 stehen miteinander über einen zweiten Diffusionssteuereingang 109 in Verbindung. Das Meßgas kann von der ersten Meßgaskammer 106 über den zweiten Diffusionssteuereingang 109 in die zweite Meßgaskammer 107 eingeleitet werden.

Der Gasfühler 1A umfaßt eine Erfassungszelle 2, eine Pumpzelle 3 und eine Sauerstofffühlzelle 4. Die Erfassungszelle 2 weist eine Meßelektrode 21, eine Bezugselektrode 22 und die Festelektrolytschicht 13 auf. Die Meßelektrode 21 und die Bezugselektrode 22 sind auf der Festelektrolytschicht 13 bereitgestellt. Die Meßelektrode 21 ist der zweiten Meßgaskammer 107 zugewandt. Die Bezugselektrode 22 ist der Bezugsgaskammer 103 zugewandt. Die Meßelektrode 22 besteht aus Platin (Pt), das gegenüber NOx aktiv ist, d. h. das NOx aufspaltet.

Die Pumpzelle 3 weist die Festelektrolytschicht 11 und ein Paar Pumpelektroden 31 und 32 auf, die jeweils auf den gegenüberliegenden Seiten der Festelektrolytschicht 11 ausgebildet sind. Die Pumpelektroden 31 und 32 sind parallel und aneinander ausgerichtet. Die Pumpelektrode 31 liegt außen von dem Gasfühler 1A frei. Die Pumpelektrode 32 ist der ersten Meßgaskammer 106 zugewandt. Die Pumpelektrode 32 besteht aus einer Gold-Platin-Legierung (Au-Pt), die gegenüber NOx inaktiv ist, d. h. die NOx nicht aufspaltet.

Die Sauerstofffühlzelle 4 weist die Festelektrolytschicht 13, eine Meßelektrode 41 und die Bezugselektrode 22 auf. Die Meßelektrode 41 ist auf der Elektrolytschicht 13 bereitgestellt. Die Meßelektrode 41 ist der ersten Meßgaskammer

106 zugewandt. Die Meßelektrode 41 besteht aus einer Gold-Platin-Legierung (Au-Pt), die gegenüber NOx inaktiv ist, d. h. die NOx nicht aufspaltet.

An die Erfassungszelle 2 und die Sauerstofffühlzelle 4 ist eine elektrische Schaltung 26 angeschlossen. Die elektrische Schaltung 26 umfaßt einen Strommesser 261, einen Spannungsmesser 262 und eine Gleichspannungsversorgung 263. Der Plusanschluß der Spannungsversorgung 263 ist elektrisch mit der Bezugselektrode 22 verbunden. Der Minusanschluß der Spannungsversorgung 263 ist über den Strommesser 261 elektrisch mit der Meßelektrode 21 verbunden. Der Spannungsmesser 262 ist elektrisch zwischen der Meßelektrode 41 und der Bezugselektrode 22 angeschlossen.

An die Pumpzelle 3 ist eine elektrische Schaltung 36 angeschlossen. Die elektrische Schaltung 36 umfaßt eine Spannungsversorgung 363 mit veränderbarer Spannung. Der Plusanschluß der Spannungsversorgung 363 ist elektrisch mit der Elektrode 31 der Pumpzelle 3 verbunden. Der Minusanschluß der Spannungsversorgung 363 ist elektrisch mit der Elektrode 32 der Pumpzelle 3 verbunden. Die Spannungsversorgung 363 ist an den Spannungsmesser 262 angeschlossen. Die Ausgangsspannung der Spannungsversorgung 363 ändert sich in Ansprechen auf den erfaßten Spannungswert, der von dem Spannungsmesser 262 bereitgestellt wird.

Der Gasfühler 1A arbeitet wie folgt. Über den ersten Diffusionssteuereingang 108 wird ein Meßgas (z. B. ein Motorabgas) in die erste Meßgaskammer 106 eingeleitet. Das Meßgas wird von der ersten Meßgaskammer 106 über den zweiten Diffusionssteuereingang 109 in die zweite Meßgaskammer 107 eingeleitet. In die Bezugsgaskammer 103 wird ein Bezugsgas (z. B. Luft) eingeleitet.

An die Pumpzelle 3 ist die von der Spannungsversorgung 363 erzeugte Spannung angelegt. Die Spannungsanlegung aktiviert die Pumpzelle 3. Da die Elektrode der Pumpzelle 3 gegenüber NOx inaktiv ist, wird von dem Meßgas in der ersten Meßgaskammer 106 über die Pumpzelle 3 lediglich Sauerstoff (O₂) abgepumpt. Im einzelnen wird der Sauerstoff (O₂) von der ersten Meßgaskammer 106 in die Pumpzelle 3 abgezogen, wobei er durch die Pumpzelle 3 hindurch transportiert wird, bevor er über die Pumpelektrode 31 in den Außenraum abgegeben wird.

In der Sauerstofffühlzelle 4 wird zwischen der Meßelektrode 41 und der Bezugselektrode 22 eine elektromotorische Kraft induziert. Diese elektromotorische Kraft hängt von der Sauerstoffkonzentrationsdifferenz zwischen dem Meßgas in der ersten Meßgaskammer 106 und dem Bezugsgas in der Bezugsgaskammer 103 ab. Die elektromotorische Kraft wird innerhalb der ersten Meßgaskammer 106 durch den Spannungsmesser 262 als Angabe des Sauerstoffpartialdrucks in dem Meßgas gemessen. Die durch die Spannungsversorgung 363 erzeugte Spannung, d. h. die an die Pumpzelle 3 angelegte Spannung ändert sich in Ansprechen auf den gemessenen Wert der elektromotorischen Kraft, der durch den Spannungsmesser 262 bereitgestellt wird. Der Zusammenhang zwischen der angelegten Spannung und dem Meßwert der elektromotorischen Kraft ist derart gestaltet, daß der Sauerstoffpartialdruck in dem Meßgas innerhalb der ersten Meßgaskammer 106 auf einem gewünschten konstanten Niveau gehalten wird.

Die Pumpzelle 3 trennt lediglich einen Teil der Sauerstoffkomponenten (O₂) von dem Meßgas in der ersten Meßgaskammer 106. Daher strömt das einen Restteil der Sauerstoffkomponente (O₂) enthaltende Meßgas von der ersten Meßgaskammer 106 in die zweite Meßgaskammer 107. An die Erfassungszelle 2 ist die durch die Spannungsversorgung 263 erzeugte Spannung angelegt. Die Spannungsanle-

gung aktiviert die Erfassungszelle 2. Die Meßelektrode 21 der Erfassungszelle 2 spaltet innerhalb der zweiten Meßgaskammer 107 durch die Reaktion $\text{NO}_x \rightarrow (1/2)\text{N}_2 + (x/2)\text{O}_2$ in dem umgebenen Meßgas NO_x auf.

Demgemäß erzeugt die Aufspaltung von NO_x neuen Sauerstoff (O_2). Der verbliebene Sauerstoff (O_2) und der neue Sauerstoff (O_2) werden von der zweiten Meßgaskammer 107 in die Erfassungszelle 2 abgezogen, wobei sie durch die Erfassungszelle 2 hindurch transportiert werden, bevor sie über die Bezugselektrode 22 in die Bezugsgaskammer 103 abgegeben werden. Zu diesem Zeitpunkt wird durch den Strommesser 261 als Angabe der NO_x -Gaskonzentration in dem Meßgas ein elektrischer Strom erfaßt, der durch die Erfassungszelle 2 hindurch fließt. Der verbliebene Sauerstoff (O_2) führt zu einem Aufspaltungsstrom, der einen Verschiebungsstrom darstellt, der dem die NO_x -Konzentration angegebenden elektrischen Strom überlagert ist, der durch die Erfassungszelle 2 hindurch fließt.

Patentansprüche

1. Gasfühler (1; 1A), mit:

einem Körper (10), der eine Meßgaskammer (101; 106, 107) und eine Bezugsgaskammer (103) aufweist, wobei die Meßgaskammer mit einem Meßgas versorgt wird und die Bezugsgaskammer mit einem Bezugsgas versorgt wird;

einer Erfassungszelle (2), die in dem Körper (10) bereitgestellt ist und ein Festelektrolytelement (13), eine auf dem Festelektrolytelement (13) bereitgestellte und der Meßgaskammer (101; 106, 107) zugewandte Meßelektrode (21) und eine auf dem Festelektrolytelement (13) bereitgestellte und der Bezugsgaskammer (103) zugewandte Bezugselektrode (22) aufweist; und einem Heizabschnitt (5) zum Erwärmen der Erfassungszelle (2), wobei der Heizabschnitt ein Substrat (51), ein auf dem Substrat bereitgestelltes Heizelement (50) und einen auf dem Substrat bereitgestellten und elektrisch mit dem Heizelement verbundenen hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt (551) aufweist; wobei das Substrat (51) eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche aufweist, die einander gegenüberliegen, und die erste Oberfläche des Substrats dem Körper (10) zugewandt ist und wobei sich das Heizelement (50) auf der ersten Oberfläche des Substrats erstreckt und sich der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt (551) auf der zweiten Oberfläche des Substrats erstreckt.

2. Gasfühler (1) nach Anspruch 1, wobei der Heizabschnitt (5) zudem einen auf dem Substrat (51) bereitgestellten und elektrisch mit dem Heizelement (50) verbundenen niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt (552) aufweist und sich der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt auf der ersten Fläche des Substrats erstreckt.

3. Gasfühler (1) nach Anspruch 2, wobei der Heizabschnitt (5) außerdem ein Isolierelement (59) aufweist, das auf dem Substrat (51) bereitgestellt ist und in bezug auf das Heizelement (50) und den niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt (552) eine Öffnung mit einem Negativmuster aufweist und das Heizelement (50) und der niederspannungsseitige Leitungsabschnitt (552) in die Öffnung in dem Isolierelement (59) passen.

4. Gasfühler (1; 1A), mit:

einem Körper (10), der eine Meßgaskammer (101) und eine Bezugsgaskammer (103) aufweist, wobei die Meßgaskammer mit einem Meßgas versorgt wird und die Bezugsgaskammer mit einem Bezugsgas versorgt

wird;

einer Erfassungszelle (2), die in dem Körper (10) bereitgestellt ist und ein Festelektrolytelement (13), eine auf dem Festelektrolytelement (13) bereitgestellte und der Meßgaskammer (101) zugewandte Meßelektrode (21) und eine auf dem Festelektrolytelement (13) bereitgestellte und der Bezugsgaskammer (103) zugewandte Bezugselektrode (22) aufweist; und einem Heizabschnitt (5) zum Erwärmen der Erfassungszelle (2), wobei der Heizabschnitt ein erstes Substrat (51), ein auf dem ersten Substrat bereitgestelltes Heizelement (50), einen auf dem ersten Substrat bereitgestellten und elektrisch mit dem Heizelement verbundenen hochspannungsseitigen Leitungsabschnitt (551), einen auf dem ersten Substrat bereitgestellten und elektrisch mit dem Heizelement verbundenen niederspannungsseitigen Leitungsabschnitt (552) und ein das Heizelement bedeckendes zweites Substrat (52) aufweist; wobei das erste Substrat (51) eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche aufweist, die einander gegenüberliegen, und die erste Oberfläche des ersten Substrats dem Körper (10) zugewandt ist und wobei sich das Heizelement (50) auf der ersten Oberfläche des ersten Substrats erstreckt und sich der hochspannungsseitige Leitungsabschnitt (551) auf der zweiten Oberfläche des ersten Substrats erstreckt.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

STAND DER TECHNIK

FIG. 1

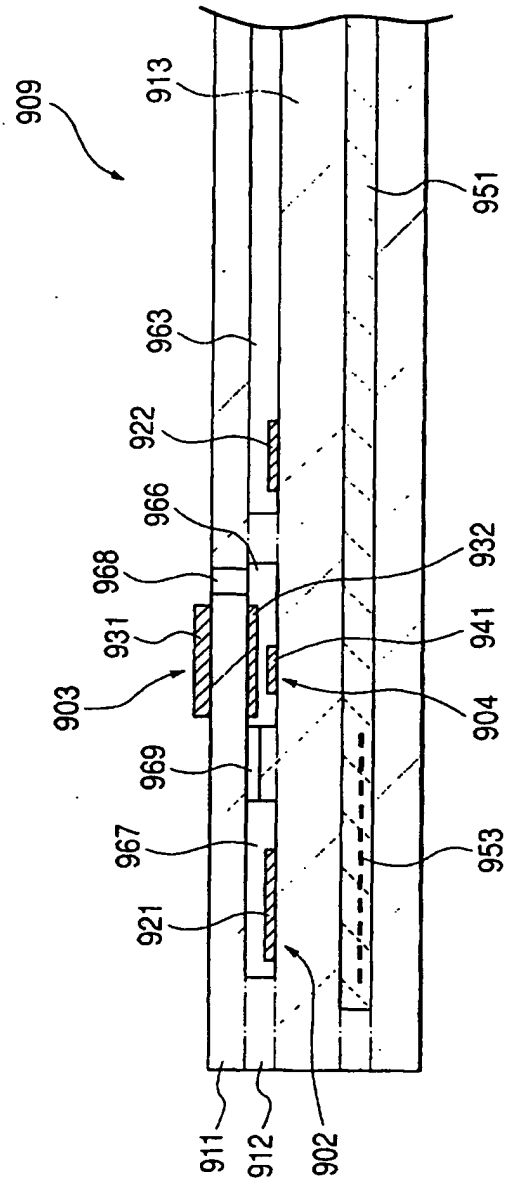


FIG. 2

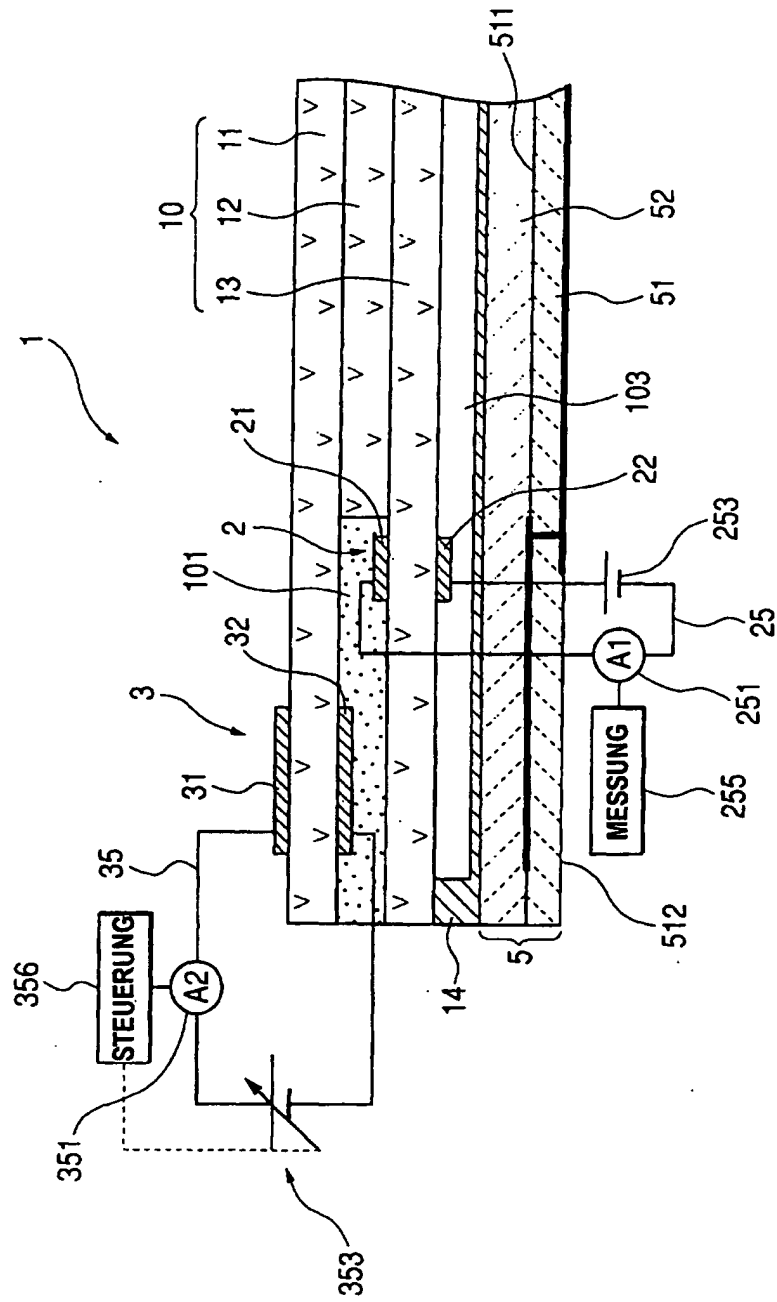


FIG. 3

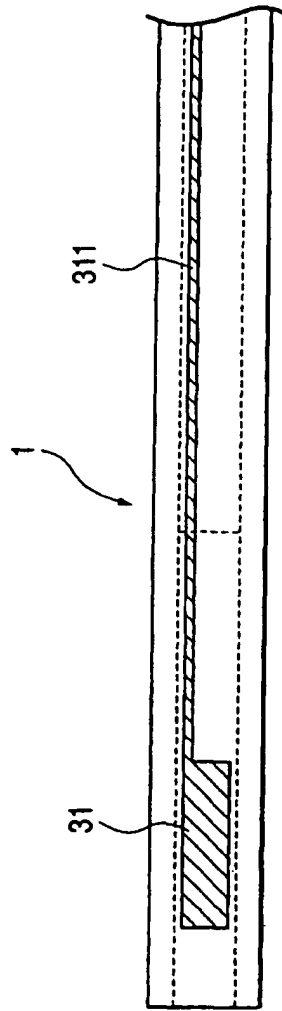


FIG. 4

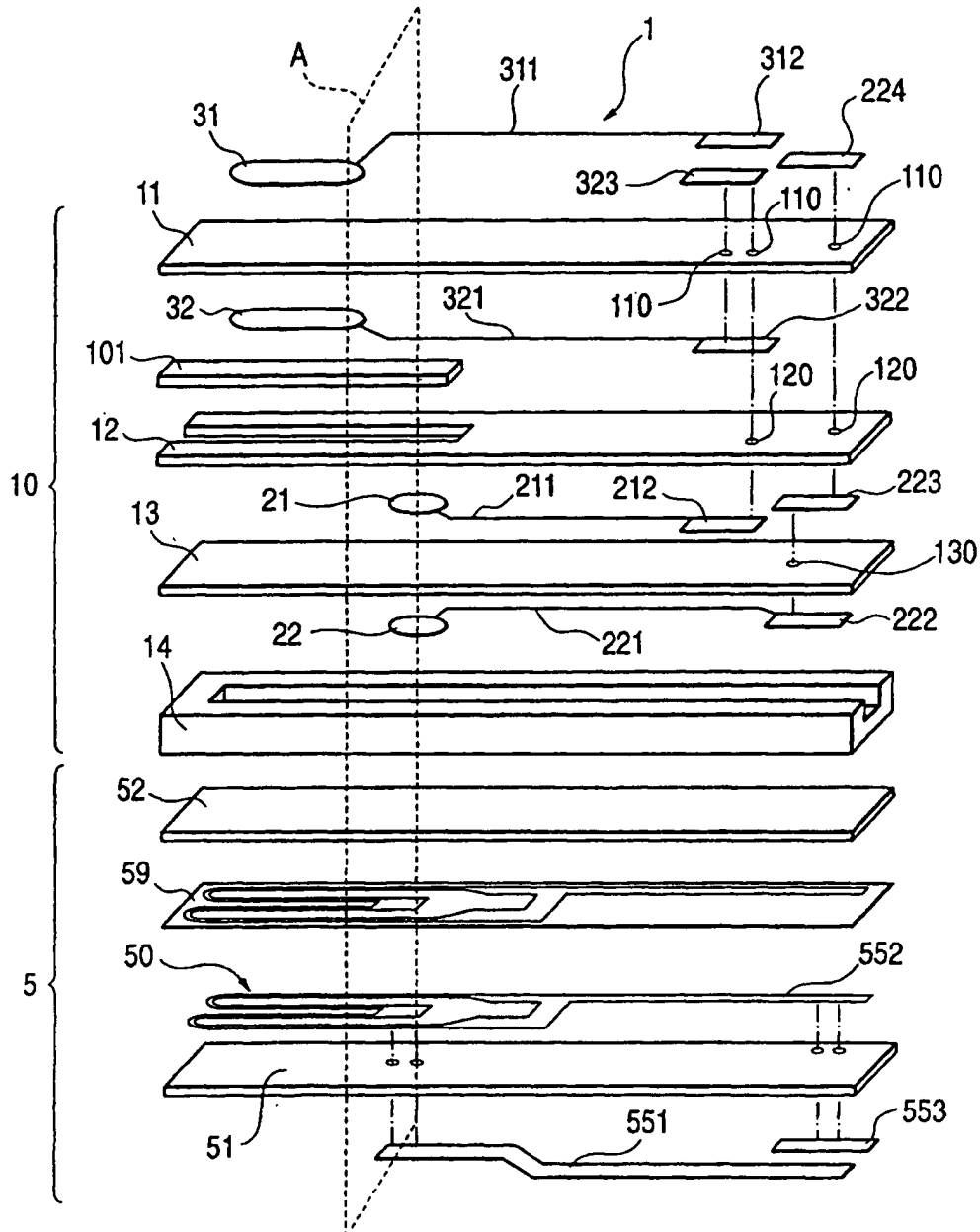


FIG. 5

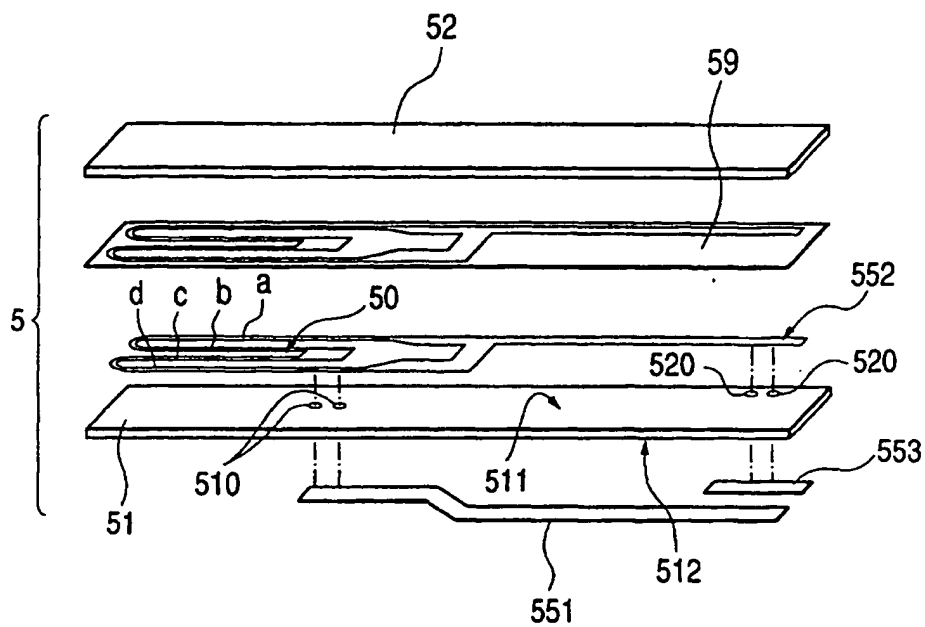


FIG. 6

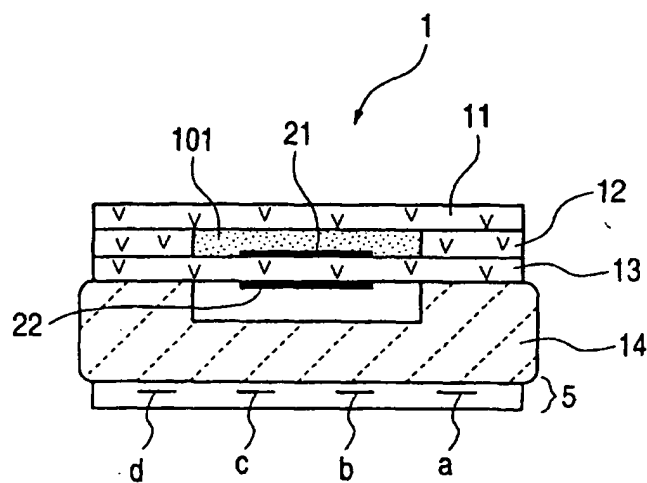
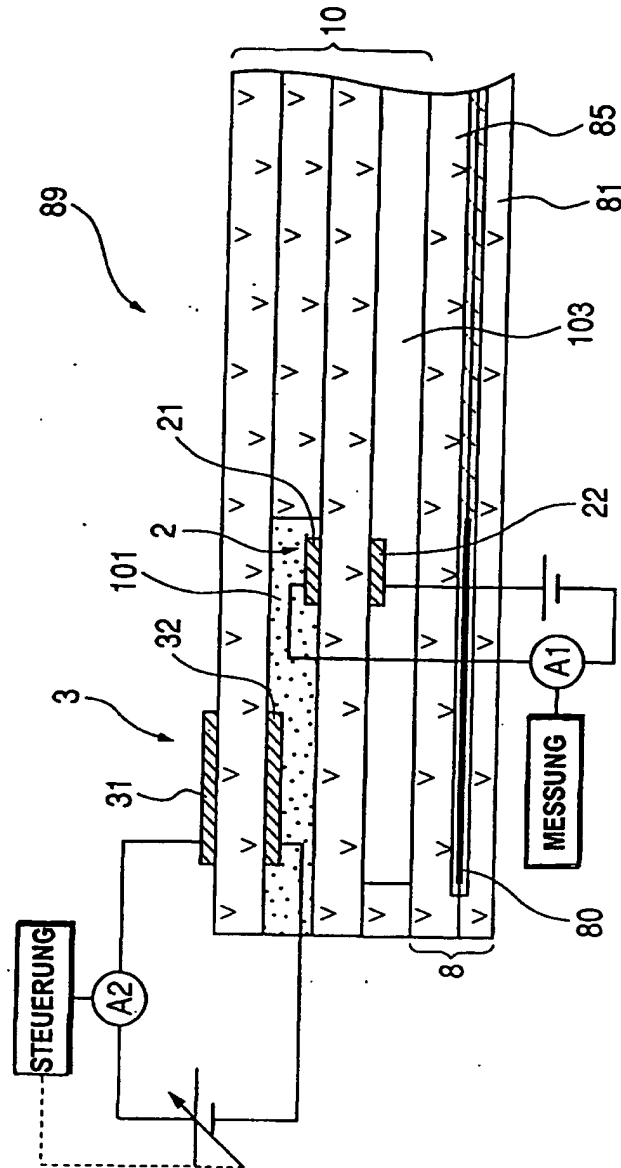


FIG. 7



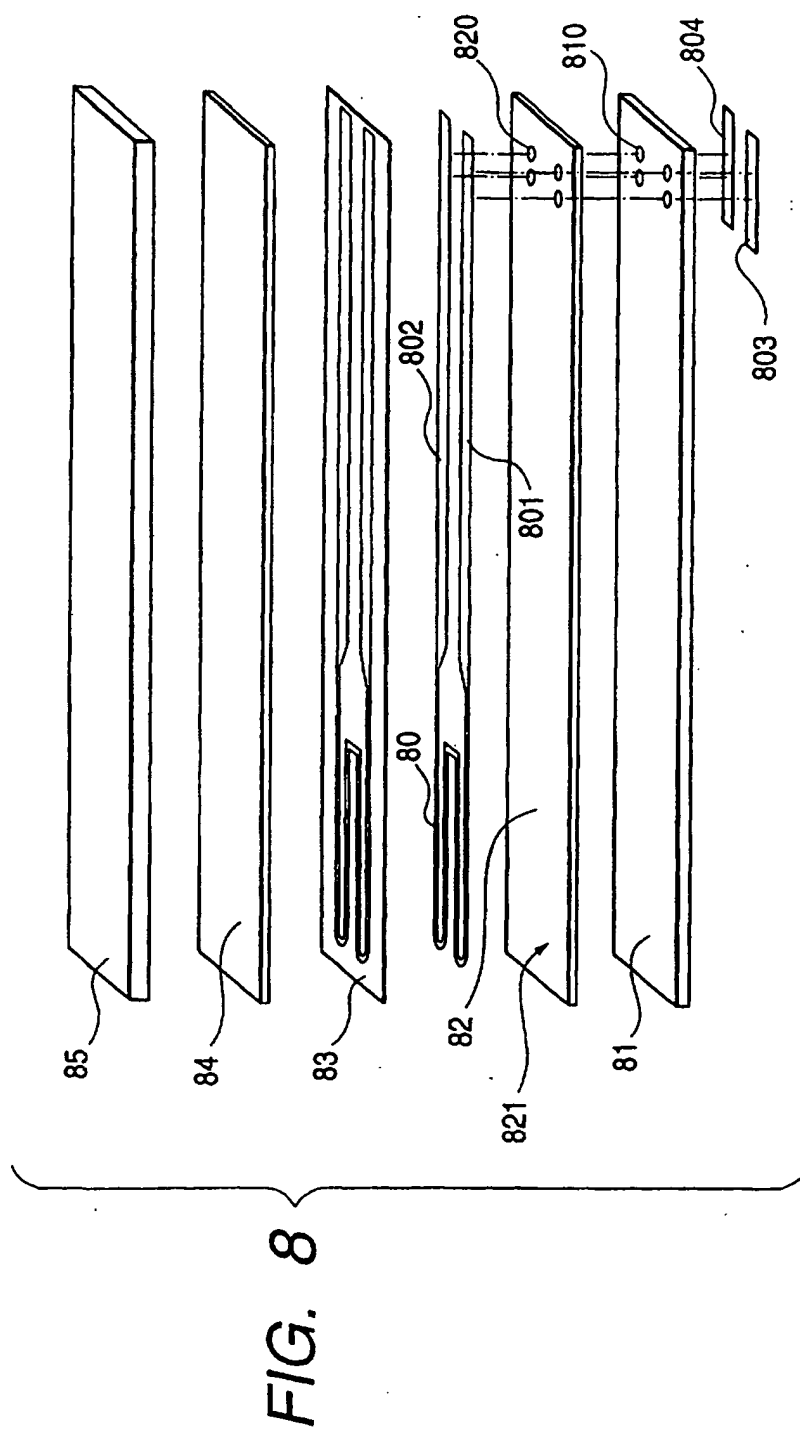


FIG. 9

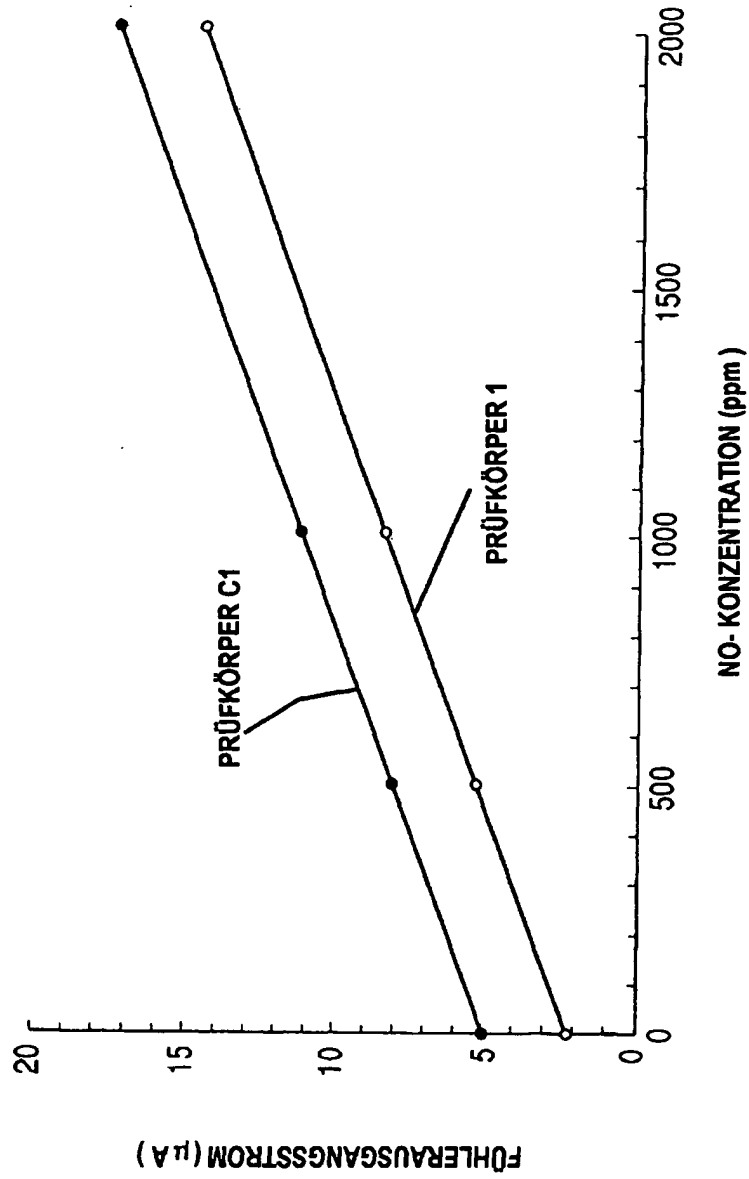


FIG. 10

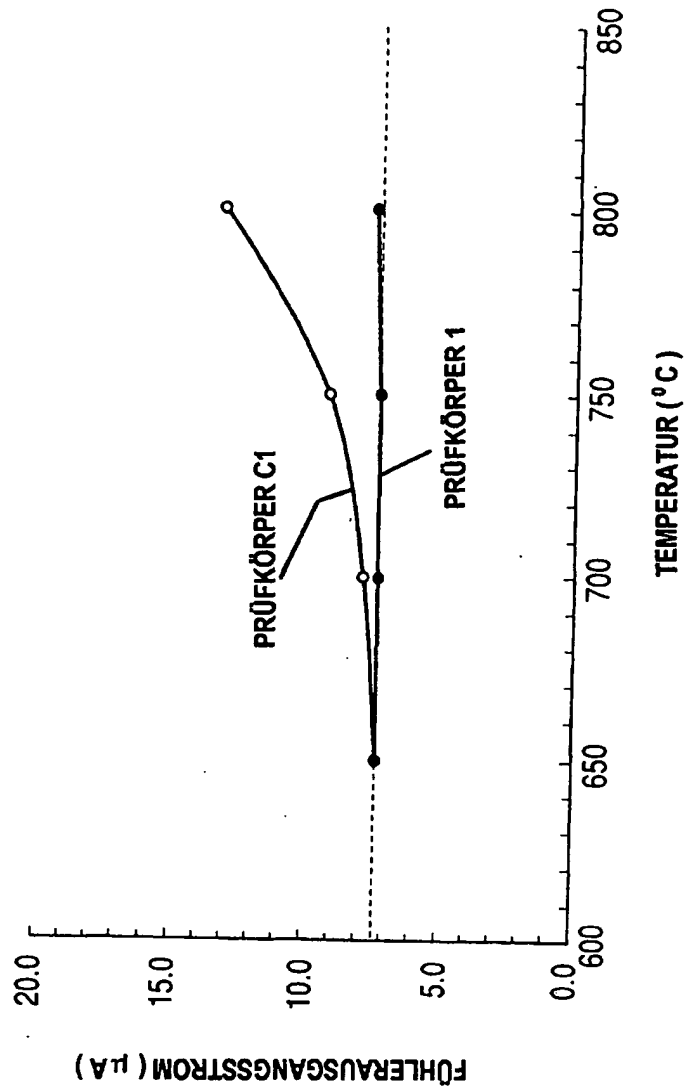


FIG. 11

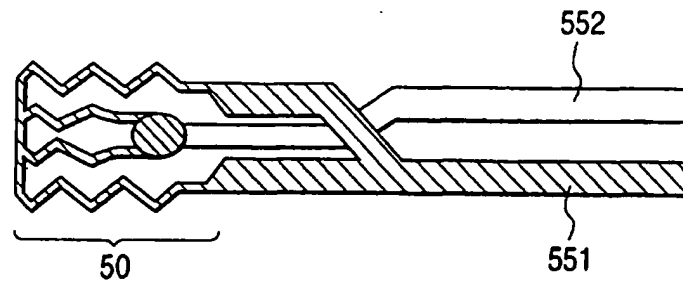


FIG. 12

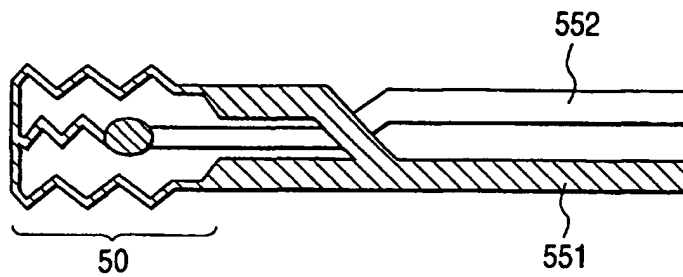


FIG. 13

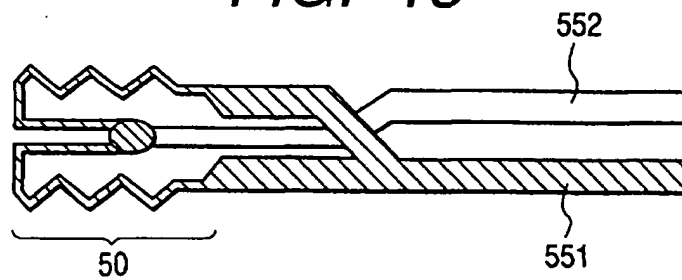


FIG. 14

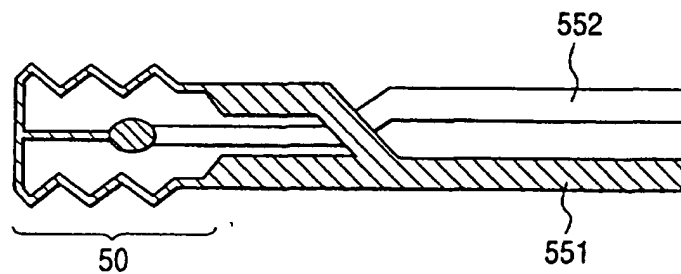


FIG. 15

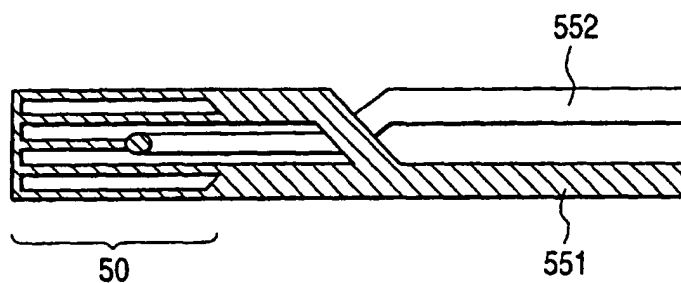


FIG. 16

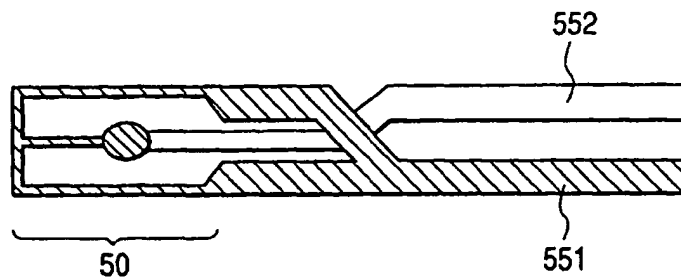


FIG. 17

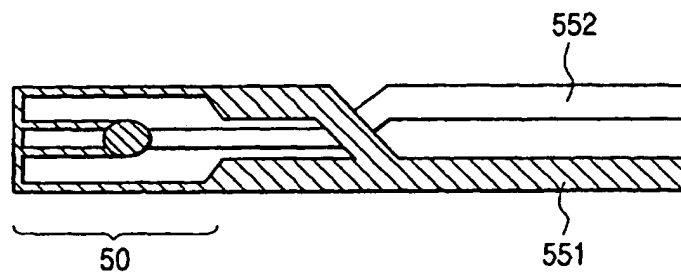


FIG. 18

